



TITLE:

# 2016年1月の日本の大寒波に伴う北極振動の急激な極性反転と北極海氷の減少

AUTHOR(S):

坂, 泰志; 立花, 義裕; 山崎, 孝治; 西井, 和晃; 小寺, 邦彦; 小木, 雅世

---

CITATION:

坂, 泰志 ...[et al]. 2016年1月の日本の大寒波に伴う北極振動の急激な極性反転と北極海氷の減少. 平成28年度「異常気象と長期変動」研究集会報告 2017: 64-67: 共同研究（一般共同研究）28K-08.

ISSUE DATE:

2017-03

URL:

<http://hdl.handle.net/2433/224912>

RIGHT:

## 2016 年 1 月の日本の大寒波に伴う

### 北極振動の急激な極性反転と北極海氷の減少

坂 泰志（三重大院生物資源）・立花 義裕（三重大院生物資源）  
山崎 孝治（北大/三重大院生物資源）・西井和晃（三重大院生物資源）  
小寺 邦彦（名大 STE 研）・小木 雅世（マニトバ大）

#### 1. 序論

近年、地球温暖化に伴う全球気温の上昇が指摘されている。しかし、冬季東アジア域では寒気の吹き出しが増え寒冷化に伴い、上記とは対照的なことが考えられる。典型的な例を挙げると、2016 年 1 月 21 日付近において東アジア全域に非常に強い寒波をもたらした（図省略）。この寒波による影響は、例年にくらべ特殊であり沖縄や台湾で観測史上初の降雪をもたらしたことがあげられる。

また、初冬におけるバレンツ・カラ海（BKS : Barents-Kara Seas）の海氷減少が大気循環場に影響を及ぼし、東アジアに寒波をもたらすことが知られている（Honda et al. 2009）。2015 年 12 月の BKS における海氷減少は 1978 年以降過去最大の減少を示した（図省略）。一方で、中緯度気候を示す指標として北極振動（AO, Thompson and Wallace 1998）があげられる。2015 年 12 月下旬（12/21）から 2016 年 1 月中旬（1/16）にかけて大きく値が反転（+3→-3）していた（図 1）。本研究で使用した指標は、Ogi et al. (2004) で提唱された北極振動（SV NAM, Seasonal Variations of the Northern hemisphere Annular Mode）を用いる。この反転は 1 か月以内で引き起こり、DJF（Dec-Jan-Feb）に着目したとき、同じような事例は 1960 年からの統計上一度もなく非常に極端な変動である。このような極端変動により引き起こる東アジア域の異常気象の原因を解明することは重要である。

本研究は前述の 2015 年 12 月から 2016 年 1 月の間に引き起こった北極振動の極性反転メカニズムを解明することを目的とする。

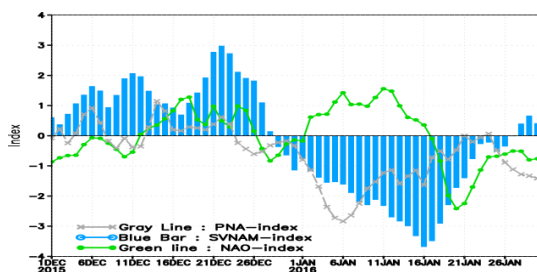


図 1 2015 年 12 月 1 日から 2016 年 1 月 31 日までにおける日々の SV NAM と PNA, NAO 指標。

#### 2. 使用データ・解析方法

使用データは日平均の JRA-55 再解析データ（Kobayashi et al. 2015）、NOAA 1/4°OISST V2 データ（Reynolds et al. 2002）である。本解析における気候値は 1980 年から 2015 年までのものを使用し、12 月 1 日から 12 月 5 日までの 5 日平均場において気候値偏差を求めた。この 5 日平均偏差場を 1 月末日まで求め、本誌では BKS の海氷減少が極端に大きくなる 12 月中旬（12/16）から下旬（12/26）に着目し考察を行った。

#### 3. 対流圏ジェットの減速

北極振動の指数が正（+3）から負（-3）に反転するのは対流圏ジェットの減速（蛇行）が考えられる。そこで、北極振動が正の極大値から負へと転じる 12 月 21 日～12 月 25 日で帯状平均した東西風場と Eliassen Palm (EP) フラックスを算出した（図 3）。60N から 70N で対流圏上層に東風偏差がありジェットの減速がみられる。また、対流圏下層からの EP フラックスの鉛直上向き伝播と EP フラックスの

収束（図 3 青線）には整合性が有り，ジェット  
の減速に寄与していることがわかる．そこで，  
対流圏下層に位置する BKS 域の大気と海洋の  
相互作用を検討する．

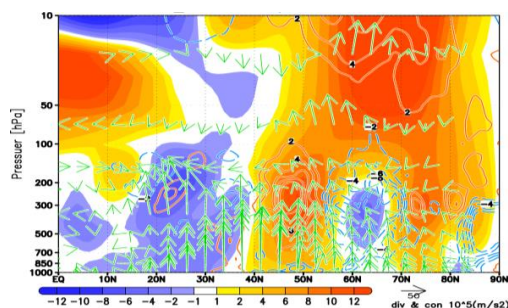


図 3 12 月 21 日－12 月 25 日における帯状平  
均東西風場（色）と EP フラックス場（矢印，  
 $\text{m}^2/\text{s}^2$  スケールは右下に表示），EP フラックス  
ダイバージェンス（線， $1\text{ms}^{-2}$  間隔，値は  $10^5$   
したものを表記）

#### 4. BKS 域における大気海洋相互作用

BKS 域での海面水温（SST）と海水氷接度  
（SIC），熱フラックス（顕熱及び潜熱フラ  
ックスの総和）を示した（図 4a）．ジェット  
が減速し始める（図 3）前の 12 月 16 日以降に  
着目した．BKS では海水減少に伴い SST が正  
偏差となり，気候値とくらべ海から大気への  
熱輸送が大きい（図 4a 赤枠）．

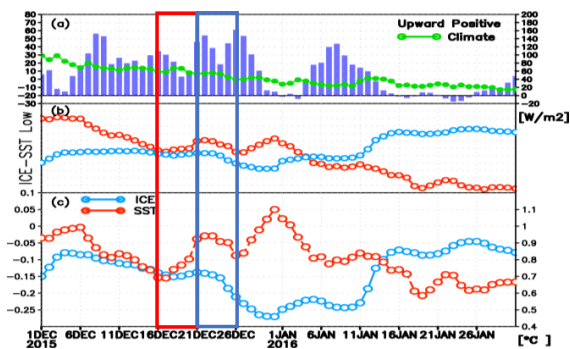


図 4a （上段）BKS における熱フラックス偏差  
（紫）と気候値（緑線），（中段）SST（赤線）  
と SIC（青線）の実況値，（下段）中段と同じだ  
が偏差を示した．

次にこのような海水減少が起こった原因を  
調べるため BKS 上の大気場を検討した．BKS  
上では 12 月 16 日以降で気温が正偏差であり，  
グリーンランド海からの西風偏差となり BKS  
上に暖気を輸送していることが示唆される  
（図 4b, c）．また，前述に示した海水減少  
とそれに伴う大気への熱輸送も大きくなって  
いると言える（図 4d, e）．これらより  
ジェットが減速し始める時に対応し，BKS 域  
に及ぶ暖気移流が海水後退に影響しているこ  
とがわかった．

さらに，BKS の海水減少を強制源とする定  
常ロスビー波応答を調べる．図 4f, g には，  
その応答の平面図と鉛直断面図（50N-80N）  
を示した．12 月 16 日 - 20 日平均場（図 4a 赤  
枠）では BKS 域からの定常ロスビー波の鉛直  
上向き伝播が見られる（図 4f）．次の 12 月 21  
日－25 日平均場（図 4a 青枠）では，下層  
700hPa 面にて波の活動度フラックスの鉛直成  
分の上向き成分が非常に大きく（図省略），  
また鉛直断面図においても矢印で示された  
BKS を中心とした鉛直上向き伝播が顕著であ  
り（図 4g），BKS 上の熱源域と対応している  
ことから定常ロスビー波の励起源であること  
が示唆されます．

その結果，BKS 上には上層まで卓越した高  
気圧（ブロッキング高気圧）ができ（図 4h），  
これがジェットの蛇行に影響を及ぼし北極振  
動の極性反転を引き起こしたことが考えられ  
る．

#### 5. 数値実験

前述までは再解析データの結果によるメカ  
ニズムを紹介したが，さらに数値実験により  
BKS による熱源応答がもたらすブロッキング  
高気圧形成を明らかにする．実験に用いたモ  
デルは LBM（Linear Baroclinic Model）である  
（Watanabe et al. 2002）．分解能は T42L20 と  
し（水平約 2.8 度），初期値を 2015 年 12 月に  
して計算を始めた．また，熱源を BKS 上  
900hPa 面まで与え（図 5a），下層からによる  
影響を考察する（図 5b）．この計算結果を示  
したのが図 5c である．また，前節までの再解

析データの結果は BKS の海氷が減少し、海から大気への熱輸送が顕著なことによる応答がブロッキング高気圧を形成することを確認した（図 4h）。両者の結果（図 5c, 図 4h）を比べると、500hPa 面における BKS 上の高気圧偏差（60E–120E, 60N–85N）と中緯度の低気圧偏差（30E–90E, 40N–65N）はよく一致していることがわかる。

LBM 実験と再解析データの結果に整合性があることから、BKS が及ぼす熱応答がブロッキング高気圧を形成するという力学的なメカニズムを支持する。

## 6. まとめ

2015 年 12 月から 2016 年 1 月に引き起こった北極振動の極性反転が引き起こる力学メカニズムの考察を行った。極性反転が引き起こる過程には 12 月中旬での BKS 域の海氷減少が重要であった。この海氷減少は BKS 上での暖気移流によって引き起こることが示唆された。海氷減少による海から大気への熱輸送が顕著であることで、下層から上層まで卓越したブロッキング高気圧を形成することがわかった。このブロッキング高気圧の形成により高緯度を吹くジェットが減速が 12 月中旬から下旬にかけて起こり、北極振動の極性反転がもたらされることを示唆した。

東アジアに強い寒波を起こした 2016 年 1 月 21 日辺りまで、このブロッキング高気圧は持続していた（図省略）。

また、再解析データで示された BKS での海氷減少に伴うブロッキング高気圧形成メカニズムについてモデル実験を行い評価した。その結果、モデルで再現された高度場偏差と再解析データで求めた偏差場には整合性があることを示した。よって、モデル実験の結果が再解析データの結果を支持することが言えた。

今後この事例解析の結果の定量化を行いたく統計的な解析し考察する予定である。

## 引用文献

- Honda, M., J. Inoue and S. Yamane, 2009: Influence of low Arctic sea-ice minima on anomalously cold Eurasian winters. *Geophys. Res. Lett.*, **36**, L08707, doi:10.1029/2008GL037079.
- Kobayashi, S., Y. Ota, Y. Harada, A. Ebita, M. Moriya, H. Onoda, H. Kamahori, C. Kobayashi, H. Endo, K. Miyaoka, and K. Takahashi, 2015: The JRA-55 Reanalysis: General Specifications and Basic Characteristics, *J. Meteor. Soc. Japan.*, **93**, 5-48.
- Ogi, M., K. Yamazaki, and Y. Tachibana, 2004: The summertime annular mode in the Northern Hemisphere and its linkage to the winter mode. *J. Geophys. Res.*, **109**, D20114, doi:10.1029/2004JD004514.
- Reynolds, R. W., N. A. Rayner, T. M. Smith, D. C. Stokes, and W. Wang, 2002: An improved in situ and satellite SST analysis for climate. *J. Climate*, **15**, 1609–1625.
- Takaya, K and Nakamura, H 2001: A formulation of a phase-independent wave-activity flux for stationary and migratory quasigeostrophic eddies on a zonally varying basic flow, *J. Atmos. Sci.*, **58**, 608-627.
- Thompson, D. W. J., and J. M. Wallace, 1998: The Arctic oscillation signature in the wintertime geopotential height and temperature fields. *Geophys. Res. Lett.*, **25**, 1297–1300.
- Watanabe, M. and F.-F. Jin, 2003: A moist linear baroclinic model: Coupled dynamical-convective response to El Nino. *J. Climate.*, **16**, 1121-1139.

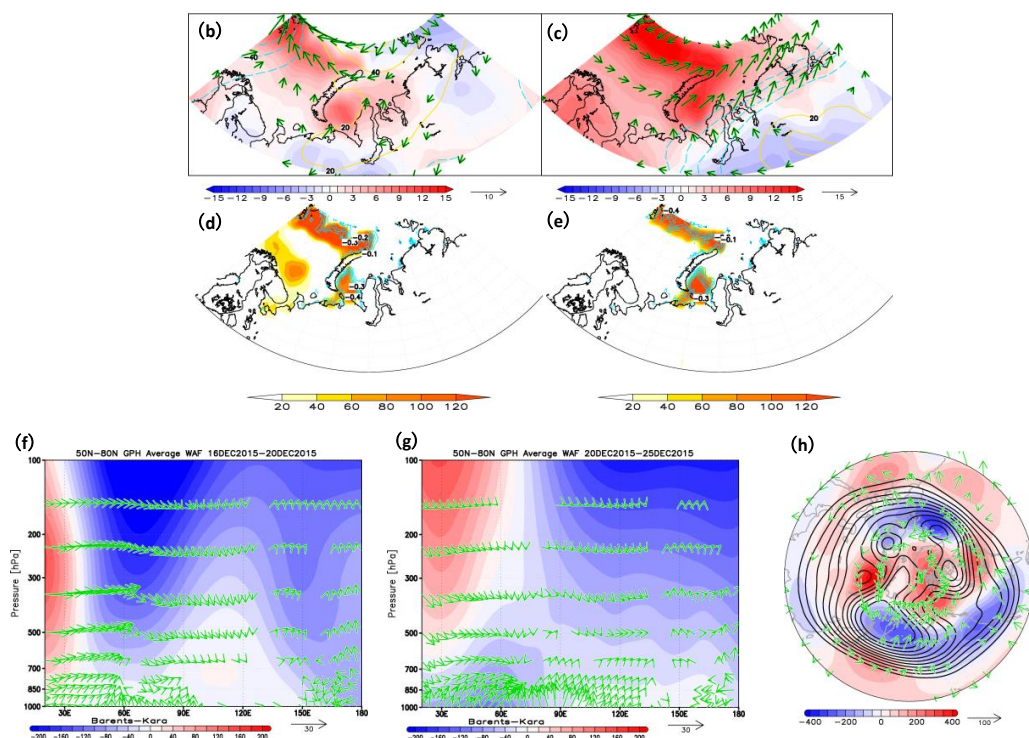


図4 (b) 2016年12月16日-20日平均場における1000hPa面の気温偏差(色, °C)と風偏差(ベクトル, ms⁻¹)を示した。(c) (b)と同じだが2016年12月21日-25日平均場のものを示した。(d) 2016年12月16日-20日平均場における熱フラックス偏差(色, Wm⁻², 上向きを正とした)と海氷密度偏差(線, 0.1間隔)を示した。(e) (d)と同じだが2016年12月21日-25日平均場のものを示した。(f) 2016年12月16日-20日平均場での50N-80Nにおいて緯度平均を行った経度鉛直断面図を示した。高度偏差(色, m)とTakaya and Nakamura 2001より算出した波の活動度フラックス(矢印, m²s⁻²)。(g) (f)と同じだが2016年12月21日-25日平均場である。(h) 2016年12月21日-25日平均場300hPa面における高度偏差(色, m)と実況値(線, m), 波の活動度フラックス(矢印, m²s⁻²)を示した。

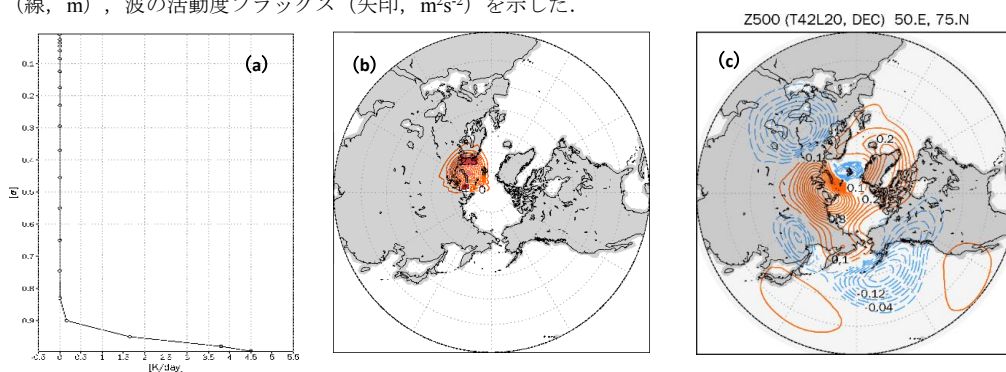


図5 (a) LBM 実験で与える熱源(横軸, 0.5 間隔, K/day) (b) LBM 実験で与える熱源領域を示した。(c) LBM 実験より計算された BKS 熱源応答による500hPa面における高度偏差(線, m)